Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 5, Nov.-Dec. 2020, p. 1141-1156

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۹، ص. ۱۱۵۶-۱۱۴۱

مقاله علمی-پژوهشی

الگوهای کاربردی جدید برآورد میانگین دمای روزانه در نواحی مختلف اقلیمی ایران

بهاره میرکماندار[1*]- سید حسین ثنایی نژاد[2]- حجت رضائی پژند[3]- محبوبه فرزندی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۴

چکیده

تأثیر اقلیم بر الگوهای رفتاری تغییرات دما در روش‌های موجود مورد توجه قرار نگرفته است. با رسم دقیق منحنی تغییرات روزانه‌ی دما در یک روز عادی نشان می‌دهد که توزیع این متغیر نرمال نیست و یک منحنی چوله به راست است. بنابراین استفاده از ضرایب مساوی برای برآورد میانگین دمای روزانه خطا دارد. این مقاله الگوهای جدیدی را برای برآورد میانگین دمای روزانه درسه ناحیه مختلف اقلیمی ایران و ایستگاه‌های نمونه مربوطه ارائه داده است. به این منظور خوشه‌بندی اقلیمی که مطابق آن کشور ایران به سه خوشه ساحلی، کوهستانی و بیابانی و نیمه بیابانی تقسیم شده، انتخاب و نمونه‌گیری سیستماتیک برای تعیین ایستگاه‌های منتخب صورت گرفت. سپس الگوی‌های رگرسیونی خطی پس از غربال و آماده سازی بر داده‌ها برازش داده شد. نتایج ارائه شده وجود عرض از مبدأ را در تمام الگوها تأیید می‌کند. که دامنه آن برای سه خوشه و ایستگاه‌های نمونه از ۱/۷۳۵- تا ۰/۲۶ می‌باشد. ضریب استاندارد شده (Beta) متغیرهای پیشگو، بیانگر نابرابری وزن این متغیرها در تمامی الگوها است. این ضریب در الگوی برآورد میانگین دمای روزانه خوشه ساحلی برای متغیرهای دمای کمینه و بیشینه به ترتیب ۴۸/۲٪ و ۵۱/۸٪ می‌باشد. این مقادیر نشان می‌دهد دمای بیشینه نسبت به دمای کمینه حساس‌تر است. بیشترین تأثیر دمای بیشینه با مقدار ۶۳/۱٪ در خوشه کوهستانی برای برآورد میانگین دمای روزانه دیده می‌شود. واسنجی و قیاس الگوهای ارائه شده در این مقاله با الگوی مرسوم برآورد میانگین دمای روزانه نشان از توانایی بالای الگوهای پیشنهادی در برآورد این میانگین دارد. میانگین مربع خطا (MSE) معیار واسنجی و مقایسه الگوهاست. بیشترین اختلاف برآورد میانگین دمای روزانه میان الگوی مرسوم با الگوی ارائه شده برای خوشه کوهستانی بوده که ۲۴٪ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوی رگرسیونی، دمای بیشینه، دمای کمینه، میانگین دمای روزانه، نمونه‌گیری سیستماتیک

مقدمه

دما یکی از مهم‌ترین متغیرهای هواشناسی محسوب می شود و یکی از مهم‌ترین عناصر اقلیمی است. این متغیر شاخص مهمی در طبقه‌بندی اقلیمی بوده و اثرات انکارناپذیری در فعالیت‌های انسانی، طبیعی و به ویژه در زمینه کشاورزی دارد.

منحنی دما در یک روز عادی شکلی شبیه یک منحنی تک نمایی چوله به‌راست دارد. این منحنی توسط دستگاه دمانگار رسم می‌شود. میانگین دمای واقعی روزانه با انتگرال‌گیری از روی منحنی مربوطه محاسبه می‌شود. چون دمانگار در همه ایستگاه‌ها وجود ندارد، بنابراین میانگین دمای روزانه (رابطه ۱) به عنوان یک دستورالعمل استاندارد جهانی از میانگین ساده دماهای کمینه و بیشینه مشاهداتی در طول شبانه‌روز برآورد می‌شود. روابط مرسوم برای برآورد میانگین دمای روزانه با فرض متقارن بودن منحنی این متغیر ارائه شده و به صورت معادلات خطی با عرض از مبدا صفر است. چون منحنی نامتقارن است، بنابراین این برآورد خطا آمیز است.

همچنین مسأله اقلیم ضعف دیگر رابطه (۱) است. زیرا اقلیم در شکل منحنی دمای روزانه موثر است. یعنی به صورت یک عامل مقیاس اثر می‌کند (۱۶).

$$\overline{T} = 0.5T_{\max} + 0.5T_{\min} \qquad (۱)$$

بنابراین نیاز به انتخاب خوشه‌بندی اقلیمی هست تا روابط متناسب با اقلیم مربوطه ارائه شوند. بنابراین ارائه روابطی که بتوانند میانگین دمای روزانه را با دقت بیشتری محاسبه کنند ضروری است.

پژوهشگران روش‌های مختلفی را به صورت مستقیم و

۱- دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: bahar.mirkamandari@gmail.com)
۲ و ۴- به ترتیب دانشیار و دکتری هواشناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- عضو هیات علمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد
DOI: 10.22067/jsw.v34i5.76165

غیرمستقیم برای کاهش خطا در راستای محاسبه میانگین دمای روزانه ارائه کرده‌اند. چند نمونه از آنها به شرح زیر هستند.

پارتون[1] و لوگان[2] (۱۴) الگوهای زیر را برای محاسبه دمای هوا از مقادیر کمینه و بیشینه‌ی دما ارائه داده‌اند:

(a) طول روز

$$T = Tmin + (Tmax-Tmin)\sin\left[\frac{\pi(t-t_{\min})}{D_a+2a}\right] \quad (۲)$$

(b) طول شب

$$T = (T_{\min}-d)+[T_{set}-(T_{\min}-d)]\exp\left[\frac{-b(t-t_{set})}{(24-D_a+c)}\right] \quad (۳)$$

$$d = (Tset-Tmin) / [exp(b)-l] \quad (۴)$$

$$T_i = (T_{\max}-T_{\min})\sin\left(\frac{\pi m}{Y+a^2}\right)+T_{\min} \quad (۵)$$

$$T_i = T_{\min}+(T_{set}-T_{\min})\exp\left(\frac{bn}{z}\right) \quad (۶)$$

D_a طول روز نجومی، Tset دما در غروب آفتاب که از معادله (۶) محاسبه می‌شود. tset زمان غروب آفتاب، m تعداد ساعات پس از حداقل دما تا غروب آفتاب، n تعداد ساعات پس از غروب آفتاب تا زمان حداقل دما، T_iدما در ساعت iام، Yتعداد ساعات طول روز، Z تعداد ساعات طول شب و در ارتفاع ۱/۵ متر از سطح زمین برای دمای هوا مقادیر ثابت a، b، c به ترتیب ۱/۸۶، ۲/۲ و۰/۱۷- در معادلات فوق است.

رانینگ[3]و همکاران (۱۵) برای برآورد دمای روزانه از روی دمای کمینه و بیشینه در یک منطقه‌ی کوهستانی با اطلاعات به‌دست آمده از کاغذهای دمانگار رابطه (۷) را پیشنهاد کردند. وزن دمای بیشینه در این رابطه ۱/۵ برابر وزن دمای کمینه است.

$$T_{avg} = 0.606T_{\max} + 0.394T_{\min} \quad (۷)$$

کیمبال[4] و بلامی[5] (۸) معادلات محاسبه‌ی دمای هوا را مستقل از ثابت‌های تجربی و مجزا از یک مکان خاص ارائه کرده‌اند.

الگوی محاسبه‌ی دمای ساعتی در طول روز:

$$t x = 12 + (Da/4)\ h \quad (۸)$$

$$t_{\min} = t_r + \alpha Da \quad (۹)$$

$$T = Tmin + (Tmax-Tmin)\cos\left[\frac{\pi(t-t_x)}{2(t_x-t_{\min})}\right] \quad (۱۰)$$

(b) الگوی محاسبه‌ی دمای ساعتی در طول شب:

$$T = Tsky + (Tset - Tsky)\exp\{-k[t - (12 + (Da/2) - \alpha Da)]\} \quad (۱۱)$$

$$t = 12 + (Da/2) - \alpha Da \quad (۱۲)$$

$$Tset = Tmin + (Tmax - Tmin)\cos\left[\frac{\pi(1-4\alpha)}{2(3-4\alpha)}\right] \quad (۱۳)$$

$$K=\frac{\ln\left[\frac{T_{set}-T_{sky}}{T_{\min}-T_{sky}}\right]}{24-D_a+2\alpha D_a} \quad (۱۴)$$

D_a طول روز نجومی، Tset دما در زمان غروب آفتاب، tset زمان غروب آفتاب، Tsky دمای آسمان شب با شروع از یک ساعت قبل از غروب خورشید و مقدار α برابر ۰/۰۶ است.

رضایی‌پژند و همکاران(۱۶) الگوهای مختلفی را برای برآورد متوسط دمای روزانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک استان خراسان بررسی و الگوی نهایی (۱۵) را با عرض از مبدأ و ضرایب جدید برای برآورد متوسط دمای روزانه ارائه کرده‌اند.

$$\overline{T} = -1.132 + 0.417T_{\min} + 0.591T_{\max} \quad (۱۵)$$

فرزندی و همکاران (۶) الگویی برآورد متوسط دمای روزانه در مناطق خشک و نیمه خشک ایران پیشنهاد دادند. نتیجه به صورت ترکیب غیرخطی از دماهای بیشینه و کمینه‌ی روزانه مطابق رابطه‌ی (۱۶) ارائه شده است.

$$Ln(T_{avg}+30) = -7.023*10^{-2} + 0.377Ln(T_{\min}+30) + 0.635Ln(T_{\max}+30) \quad (۱۶)$$

پژوهش‌ها نشان می‌دهند روش‌های مرسوم برآورد میانگین دما از دقت قابل قبولی برخوردار نیستند. هدف مقاله حاضر ارائه الگوهای خطی جدید برای محاسبه میانگین دمای روزانه در نواحی مختلف اقلیمی ایران است. بنابراین الگوهایی اصلاح شده و دقیق‌تر برای برآورد این میانگین روزانه متناسب با اقلیم مربوطه براساس داده‌های اندازه‌گیری شده (نمونه) در ساعت‌های رسمی ارائه شده است. کشور ایران با روش افرازی میانه محور به سه اقلیم ساحلی، کوهستانی و بیابانی و نیمه‌بیابانی تقسیم شده است (۶). نتایج حاصل از این خوشه‌بندی در انجام پژوهش حاضر به‌کار گرفته شده‌اند. نمونه‌گیری سیستماتیک برای انتخاب ایستگاه های نمونه هر خوشه مورد استفاده قرار گرفته و مقایسه نتایج ارائه شده در این مقاله با رابطه مرسوم میانگین گیری دما (رابطه ۱) نیز توسط میانگین مربعات خطاها (MSE) انجام شده است، که بیانگر توان بالای الگوهای پیشنهادی برآورد میانگین دمای روزانه برای این سه ناحیه اقلیمی ایران است.

1- Parton
2- Logan
3- Running
4- Kimbal
5- Belami

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

ایران کشوری پهناور است که از نظر جغرافیایی ویژگی‌های خاصی دارد و از لحاظ اقلیمی بسیار متنوع است. ایران یکی از کشورهای وسیع جهان است که در محدوده ۲۵ درجه و سه دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و پنج دقیقه تا ۶۳ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی واقع شده است. حدود ۹۰ درصد خاک ایران در محدوده فلات ایران واقع شده است و کشوری کوهستانی محسوب می‌شود. آب و هوای ایران بیشترین تأثیر را از رشته کوه‌های زاگرس که از غرب تا جنوب غربی ایران کشیده شده‌اند و رشته کوه البرز که در بخش شمالی ایران واقع شده‌اند می‌گیرد (۱).

این کشور هم‌اکنون ۲۸۹ ایستگاه سینوپتیک و تعداد بسیاری ایستگاه تبخیرسنجی و اقلیم‌شناسی وابسته به سازمان هواشناسی، ایستگاه‌های باران‌سنجی معمولی، باران‌سنجی ذخیره‌ای و تبخیرسنجی وابسته به وزارت نیرو دارد. با این حال ایستگاه‌های سینوپتیک دقت بالاتر و آمار قابل اعتماد تری دارند. آمار این ایستگاه ها در مقاله حاضر استفاده شده است. نظر به اینکه رفتار متغیر دما در اقلیم‌های مختلف متفاوت است، بنابراین انجام این پژوهش نیازمند انتخاب خوشه‌بندی اقلیمی برای کشور ایران است. مطابق خوشه‌بندی منتخب، کشور ایران به سه اقلیم کوهستانی، ساحلی و بیابانی و نیمه بیابانی تقسیم شده است. مقاله حاضر در نظر دارد روابطی جدید برای برآورد میانگین دمای روزانه برای این سه ناحیه اقلیمی (خوشه) ایران ارائه دهد.

انتخاب خوشه‌بندی

فرزندی و همکاران (۱۳۹۰) کشور ایران را به روش افرازی میانه محور به سه خوشه ساحلی، کوهستانی و بیابانی و نیمه‌بیابانی تقسیم کردند. نتایج حاصل از این خوشه‌بندی (جداول ۱، ۲، ۳) در پژوهش حاضر استفاده شد. نقشه پهنه‌بندی ایران برای درک بهتر (شکل ۱) ارائه شده است. خوشه ساحلی با اعداد ۱، خوشه کوهستانی با اعداد ۲ و خوشه بیابانی و نیمه بیابانی با اعداد ۳ مشخص شده است.

جدول ۱- نام و شماره ایستگاه‌های خوشه ساحلی (فرزندی، ۱۳۹۰)

Table 1- Name and number of Coastal cluster stations (Farzandi, 2011)

شماره ایستگاه Station number	نام ایستگاه Station name	شماره ایستگاه Station number	نام ایستگاه Station name	شماره ایستگاه Station number	نام ایستگاه Station name
1	آبادان Abadan	2	آستارا Astara	3	امیدیه آغاجاری Omidiye aghajari
4	صفی‌آباد دزفول Safi abad Dezful	5	بندردایر Bandar Daier	6	فرودگاه لامرد Lamerd airport
7	بندرعباس Bandar Abbas	8	بندرلنگه Bandar Lenge	9	بندرماهشهر Bandar Mahshahr
10	بهبهان Behbahan	11	بوستان Bostan	12	رامسر Ramsar
13	بوشهرساحلی Coastal Bushehr	14	دهلران Dehloran	15	دزفول Dezful
16	قراخیل قائم شهر Qara kheil	17	بندر انزلی Bandar Anzali	18	گنبدکاووس Gonbad kavus
19	منجیل Manjil	20	جاسک Jask	21	جزیره قشم Qeshm Island
22	بابلسر Babolsar	23	جزیره ابوموسی Abu Musa	24	جزیره سیری Siri Island
25	کهنوج Kahnooj	26	میناب Minab	27	گرگان Gorgan
28	مراوه تپه Marave tappe	29	نوشهر Noshahr	30	رامهرمز Ramhormoz
31	پارس آباد مغان Pars Abad	32	رشت Rasht	33	بوشهر Bushehr
34	اهواز Ahvaz	35	شوشتر Shooshtar	36	سرخس Sarakhs
37	جزیره کیش Kish Island	38	زابل Zabol	39	زهک Zahak

جدول ۲- نام و شماره ایستگاه‌های خوشه کوهستانی(فرزندی، ۱۳۹۰)

Table 2- Name and number of Mountainous cluster stations (Farzandi, 2011)

شماره ایستگاه Station number	نام ایستگاه Station name	شماره ایستگاه Station number	نام ایستگاه Station name	شماره ایستگاه Station number	نام ایستگاه Station name
1	اهر Ahar	2	کرمانشاه Kermanshah	3	اراک Arak
4	ماهشان Mahshan	5	بافت Baft	6	بیجار Bijar
7	بیرجند Birjand	8	بروجن Borujen	9	بروجرد Borujerd
10	داران Daran	11	اصفهان Esfahan	12	اسلام آبادغرب Eslam Abad
13	ارومیه Urmia	14	قائن Qaen	15	غروه Gharve
16	گلپایگان Golpayegan	17	همدان فرودگاه Hamedan Airport	18	همدان نوژه Hamedan Airbase
19	ایلام Ilam	20	کبوترآباد Kabootar Abad	21	کنجوار Konjvar
22	الیگودرز Aligudarz	23	خلخال Khalkhal	24	سیرجان Sirjan
25	کوهرنگ Kuhrang	26	لردگان Lordegan	27	مهاباد Mahabad
28	ماکو Maku	29	ملایر Malayer	30	مراغه Maraghe
31	مریوان Marivan	32	مروست Marvast	33	مشکین شهر Meshkin shahr
34	نائین Naein	35	شهرکرد Shahrekord	36	نطنز Natanz
37	فیروزکوه Firuzkuh	38	پیرانشهر Piranshahr	39	اردبیل Ardebil
40	سددرودزن Doroudzan Dam	41	سقز Saghez	42	سهند Sahand
43	سنندج Sanandaj	44	سراب Sarab	45	سردست Sardast
46	زنجان Zanjan	47	نهاوند Nahavand	48	شهرضا Shahreza
49	شرق اصفهان East Esfahan	50	تربت حیدریه Torbate Heydariyeh	51	شمال تهران North of Tehran
52	سیاه بیشه Siah Bisheh	53	خدابنده Khodabandeh	54	تفرش Tafresh
55	تکاب Takab	56	یاسوج Yasuj	57	شیراز Shiraz
58	شهربابک Shahre Babak	59	زرینه اوباتو Zarrineh		

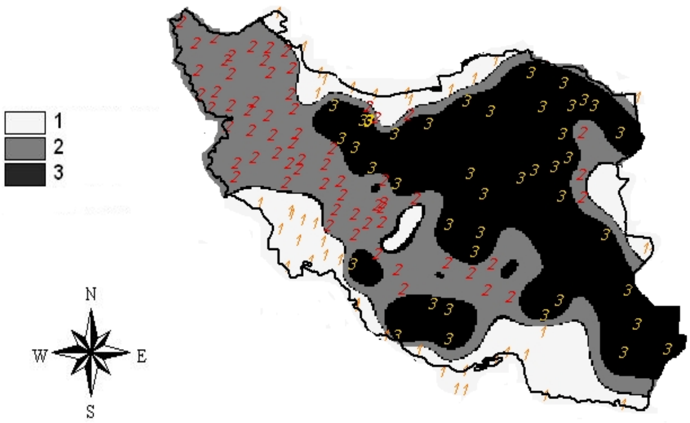
محاسبه میانگین دمای روزانه با انتگرال‌گیری

منحنی شبانه‌روزی دما یک منحنی نامتقارن، چوله به راست است. برای محاسبه میانگین دما درطول شبانه‌روز باید سطح زیر منحنی این متغیر را محاسبه کرده و بر ۲۴ (ساعات شبانه‌روز) تقسیم کنیم. محاسبه سطح زیر منحنی دما با انتگرال‌گیری مطابق رابطه (۱۷) به‌دست می‌آید. $f(t)$ تابع انتگرال‌پذیر دما است.

جدول ۱- نام و شماره ایستگاه‌های خوشه بیابانی و نیمه‌بیابانی (فرزندی، ۱۳۹۰)

Table 3- Name and number of Desert and semi-desert cluster stations (Farzandi, 2011)

شماره ایستگاه Station number	نام ایستگاه Station name	شماره ایستگاه Station number	نام ایستگاه Station name	شماره ایستگاه Station number	نام ایستگاه Station name
1	طبس Tabas	2	فسا Fasa	3	بافق Bafgh
4	بم Bam	5	بیارجمند Biarjomand	6	بجنورد Bojnurd
7	بشرویه Boshruiyeh	8	چیتگر Chitgar	9	دوگنبدان Dogonbadan
10	دوشان تپه Doshan Tappe	11	قم Qom	12	فردوس Ferdows
13	گرمسار Garmsar	14	قزوین Qazvin	15	رفسنجان Rafsanjan
16	قوچان Quchan	17	گلمکان Golmakan	18	حسن آباddاراب Hasan Abad
19	ایرانشهر Iranshahr	20	یزد Yazd	21	ژئوفیزک تهران Jeophisic Tehran
22	جلفا Jolfa	23	کنجانجام Konjanjam	24	کاشان Kashan
25	کاشمر Kashmar	26	خاش Khash	27	خوربیابانک Khorbiabanak
28	خوربیرجند Khor Birjand	29	تهران مهرآباد Mehrabad Airport	30	خوی Khoy
31	لار Lar	32	مشهد Mashhad	33	میانده جیرفت Miandeh Jiroft
34	نهبندان Nehbandan	35	نیشابور Neyshabur	36	رباط پشت بادام Robate poshte Badam
37	سبزوار Sabzevar	38	زاهدان Zahedan	39	ساوه Save
40	سمنان Semnan	41	شاهرود Shahroud	42	انار Anar
43	خرم آباد Khoram Abad	44	تربت جام Torbate Jam	45	ایزه Izeh
46	سراوان Saravan				



شکل ۱- پهنه‌بندی ایران براساس خوشه‌بندی افرازی میانه محور (فرزندی، ۱۳۹۰)

(۱-ساحلی، ۲-کوهستانی، ۳- بیابانی و نیمه بیابانی)

Figure 1- Clustering of Iran based on partitioning around medoids (Farzandi, 2011)
(1- Coastal, 2- Mountainous, 3- Desert and semi-desert)

$$T_{ave} = \frac{1}{24}\int_{0}^{24} f(t)dt \qquad (۱۷)$$

داده‌های در دسترس سه ساعته و به وقت گرینویچ می‌باشند. چون داده‌ها در ساعات خاصی برداشت شده و داده‌های کل ساعات شبانه‌روز موجود نمی‌باشد، بنابراین نزدیک‌ترین تقریب به میانگین واقعی دمای روزانه با انتگرال عددی فوق به روش سیمسون مطابق رابطه (۱۸) محاسبه می‌شود. این روش در کتب ریاضی یکی از روش‌های دقیق و مشهور محاسبه سطح زیر منحنی با داشتن نقاط آن با معادله حاکم است (توتونیان، ۱۳۷۱).

منحنی ۲۴ساعته دما توسط دمانگار رسم می‌شود ولی دمانگار در همه ایستگاه‌ها وجود ندارد. به همین دلیل منحنی ۲۴ ساعته دمای آن ایستگاه‌ها موجود نیست. ۸ داده دمای سه ساعته در طی شبانه‌روز در دسترس است که با استفاده از روش سیمسون ۸ نقطه‌ای (رابطه ۱۸) میانگین دمای روزانه هر ایستگاه به طور تقریبی محاسبه می‌شود. بنابراین از این تقریب به عنوان بهترین برآورد میانگین دمای روزانه در پژوهش حاضر استفاده شده است.

$$T_{avg} \cong \frac{1}{24}\{T_0 + 4(T_3 + T_9 + T_{15} + T_{21}) + 2(T_6 + T_{12} + T_{18}) + T_{24}\} \qquad (۱۸)$$

رگرسیون

هدف این پژوهش بررسی و الگوبندی رابطه بین میانگین دمای روزانه با دمای کمینه و بیشینه روزانه است. بنابراین الگوهای رگرسیونی خطی برای انجام این مهم انتخاب و با برازش آن‌ها به داده‌های دمای روزانه، روابط بین این متغیرها به شکل معادلات مبین الگو نمایش داده شدند.

رگرسیون روشی ریاضی است که چگونگی رابطه بین یک متغیر (به نام متغیر تابع یا پاسخ) با یک یا چند متغیر دیگر (به نام متغیرمستقل یا پیشگو) را بررسی و الگوبندی می‌کند. متغیرها در رگرسیون به انواع قطعی (تعیینی)، غیرقطعی (تصادفی و امکانی)، ابهامی (فازی) و نظایر اینها تقسیم می‌شوند.

مدل رگرسیون را به نمونه‌ای از مشاهدات این متغیرها برازش داده و الگوبندی کرده، سپس نتایج نمونه را به کل جامعه تعمیم می‌دهیم. الگوبندی رابطه (۱) پدیده قطعی یا غیرقطعی (تصادفی) با یک یا چند پدیده دیگر، تابعی بین این متغیرها مطابق رابطه (۱۹) یا (۲۰) است. معمولاً نمی‌توانیم تمام متغیرهای مؤثر را در الگو دخالت دهیم. زیرا برخی از آنها شناخته شده نیستند یا اطلاعاتی از آنها در اختیار نیست. مؤلفه $\mathbf{E_r}$ جانشین تمام مواردی است که در نظر نگرفته و از آنها چشم پوشی کرده‌ایم. این مؤلفه را جمله یا مؤلفه تصادفی (اخلال، خطا، پسماند یا باقی‌مانده) و تابع $f(x)$ جمله یا مؤلفه قطعی نامیده می‌شود (۱۶).

الگوهای رگرسیونی

اگر همبستگی فقط دو متغیر X و Y را بررسی کنیم، آن‌را رگرسیون ساده یا دومتغیره می‌گویند (رابطه ۱۹). اگر همبستگی یک یا چند متغیر Y را با چند متغیر دیگر مانند: $\mathbf{X_1}$، X_2 و ... $\mathbf{X_n}$ بررسی کنیم، به آن رگرسیون چندگانه می‌گویند (رابطه ۲۰).

$$Y = f(X) + E_r \qquad (۱۹)$$

$$Y = f(X_1, X_2, ..., X_k) + E_r \qquad (۲۰)$$

فرض‌های زیربنایی

پذیرش الگوی رگرسیونی خطی به دو مرحله تفکیک می‌شود. مرحله اول برآورد پارامترهای مدل، آزمون‌های لازم، تحلیل واریانس و ضریب تعیین است. اگر الگو در مرحله اول رد نشود، باید مرحله دوم را که برقراری پذیره‌های زیربنایی است بررسی کرد.

باقی‌مانده‌ها توزیع نرمال دارند.

میانگین باقی‌مانده‌ها صفر است.

باقی‌مانده‌ها واریانس مساوی دارند.

باقی‌مانده‌ها همبستگی پیاپی ندارند.

داده پرت کنترل و بررسی شود.

بررسی برقراری این فرضیات در خصوص باقی‌مانده‌ها با آزمون و رسم نمودارهای مناسب صورت می‌گیرد. الگو پس از تأیید این موارد قبول (رد نمی‌شود) و از آن استفاده می‌شود (رضایی پژند و بزرگ نیا، ۱۳۸۰).

نرم‌افزارها

نرم‌افزار Excel در بخش غربال و آماده‌سازی داده‌ها و نرم‌افزار Spss.22 در برآورد الگوهای رگرسیونی و تحلیل الگوها استفاده شده است. خروجی‌های این نرم‌افزارها شامل جداول خلاصه الگو، تحلیل واریانس، ضرائب الگو و جدول مربوط به باقی‌مانده‌ها می‌باشد.

نتایج و بحث

– نمونه‌گیری سیستماتیک: نتایج حاصل از برآورد حجم نمونه برای سه خوشه ساحلی، کوهستانی، بیابانی و نیمه بیابانی به ترتیب هفت، پنج و پنج ایستگاه است. این نتایج برای تعیین ایستگاه‌های نمونه با نمونه‌گیری سیستماتیک استفاده شد. متناسب با حجم نمونه هر خوشه از آن خوشه نمونه‌گیری انجام شد و ایستگاه‌های نمونه هر خوشه انتخاب شدند. به عنوان مثال حجم خوشه کوهستانی (خوشه دوم)، ۵۹ ایستگاه و حجم نمونه آن ۵ ایستگاه است. با تقسیم حجم خوشه به حجم نمونه آن، فاصله نمونه‌گیری (k) حاصل می‌شود.

فاصله نمونه‌گیری برای این خوشه برابر ۱۱ است. اولین نمونه به صورت تصادفی (r) از میان فاصله نمونه‌گیری که اینجا از یک تا یازده است، انتخاب می‌شود. عدد دو را به شکل تصادفی انتخاب کردیم. شماره ایستگاه‌های نمونه برگزیده از جدول ۲ به ترتیب ۲، ۱۳، ۲۴، ۳۵ و ۴۶ است. ایستگاه‌های منتخب به ترتیب: کرمانشاه، ارومیه، سیرجان، شهرکرد و زنجان هستند. ایستگاه‌های نمونه دو خوشه دیگر هم به همین روش مشخص شدند. به این ترتیب هفت ایستگاه منتخب خوشه ساحلی: آستارا، بندرعباس، رامسر، بندر انزلی، بابلسر، گرگان و رشت است و ایستگاه‌های منتخب خوشه بیابانی و نیمه بیابانی به ترتیب: فسا، فرودگاه مهرآباد، قم، یزد و زاهدان هستند.

– تحلیل و بررسی صحت داده‌ها: داده‌های سه ساعته دمای ۳۰ سال اخیر (۲۰۱۶-۱۹۸۷) برای ایستگاه‌های منتخب هر خوشه (جداول ۴ تا ۶) دریافت شد. بررسی دقت و صحت داده‌ها اولین گام در راستای انجام هر تحلیلی است. به این منظور ۸۷ هزار داده دما برای هر ایستگاه بررسی و تحلیل شد. مقادیر کمینه و بیشینه‌ی دماهای ماهانه هر ایستگاه از سایت سازمان هواشناسی مربوطه برای تعیین حدود اطمینان داده‌ها در هر ماه و بررسی دقت و صحت آنها دریافت شد. آستانه‌های دریافتی دما به صورت حداقل و حداکثر و با روش فیلتر کردن در نرم افزار اکسل غربال داده‌های هر ایستگاه انجام شد. با روش فیلتر کردن مقادیر دمای هر ساعت با همان ساعت در روز قبل و بعد مقایسه شده، داده‌های پرت شناسایی و حذف شدند.

جدول ٤- مشخصات ایستگاه‌های نمونه خوشه اول

Table 4- Specifications of the first cluster sample stations

ردیف Row	نام ایستگاه Station name	استان State	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ارتفاع (m) Elevation(m)
1	آستارا Astara	گیلان Gilan	38.36	48.85	-21.1
2	بندرعباس Bandar Abbas	هرمزگان Hormozgan	27.21	56.37	9.8
3	رامسر Ramsar	مازندران Mazandaran	36.90	50.68	-20
4	بندرانزلی Bandar Anzali	گیلان Gilan	37.47	49.46	-23.6
5	بابلسر Babolsar	مازندران Mazandaran	36.72	52.65	-21
6	گرگان Gorgan	گلستان Golestan	36.90	54.41	0
7	رشت Rasht	گیلان Gilan	37.32	49.62	-8.6

جدول ۵- مشخصات ایستگاه‌های نمونه خوشه دوم

Table 5- Specifications of the second cluster sample stations

ردیف Row	نام ایستگاه Station name	استان State	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ارتفاع (m) Elevation (m)
1	کرمانشاه Kermanshah	کرمانشاه Kermanshah	34.35	47.15	1318
2	ارومیه Urmia	آذربایجان غربی West Azarbaijan	37.65	45.05	1328
3	سیرجان Sirjan	کرمان Kerman	29.46	55.68	1739
4	شهرکرد Shahrekord	چهارمحال و بختیاری Chaharmahal va Bakhtiari	32.29	50.84	2048
5	زنجان Zanjan	زنجان Zanjan	36.66	48.52	1659

جدول ٦- مشخصات ایستگاه‌هاینمونه خوشه سوم

Table 6- Specifications of the third cluster sample stations

ردیف Row	نام ایستگاه Station name	استان State	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ارتفاع (m) Elevation (m)
1	فسا Fasa	فارس Fars	28.89	53.72	1268
2	فرودگاه مهرآباد Mehrabad Ariport	تهران Tehran	35.69	51.31	1191
3	قم Qom	قم Qom	34.77	50.85	879
4	یزد Yazd	یزد Yazd	31.90	54.28	1230
5	زاهدان Zahedan	سیستان و بلوچستان Systan va Baluchestan	29.47	60.90	1370

نظر به اینکه شرایط نرمال است و هیچ سامانه‌ای روی منطقه وجود ندارد، داده‌های گمشده‌ای که برای هر روز شناسایی می‌شدند با الگوگیری از منحنی‌های ترسیم شده‌ی روز قبل و بعد رسم شده و با درون‌یابی خطی یا لگاریتمی برآورد شدند. جدول ۷ نمونه‌ای از داده‌های پرت دمای ایستگاه کرمانشاه از خوشه دوم را نشان می‌دهد که برای برآورد این داده‌ها بهترین تقریب را بدست آوردیم. نتیجه برآورد داده‌های پرت این جدول پس از غربال در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۷- نمونه‌ای از داده‌های پرت دما در ایستگاه کرمانشاه خوشه دوم

Table 7- An example of temperature irrelevant data in Kermanshah station of the second cluster

نام ایستگاه Station name	سال Year	ماه Month	روز Day	T0	T3	T6	T9	T12	T15	T18	T21	T00
کرمانشاه Kermanshah	1987	12	3	-7.6	-9.8	-4.6	8	5.4	8	1	-4.2	-5
کرمانشاه Kermanshah	1990	6	20	12	4.5	23	30	31.6	29	23	16	14.2
کرمانشاه Kermanshah	1994	9	5	12.6	12	28	21	25.8	27.2	24	19.4	16.4
کرمانشاه Kermanshah	2006	5	12	6.2	8	15.6	20.2	25.3	10	24	20	18
کرمانشاه Kermanshah	2011	7	4	16.8	17.4	19	33.4	22	19.6	17	15.4	14

جدول ۸- نمونه‌ای از داده‌های پرت دمای ایستگاه کرمانشاه خوشه دوم پس از غربال

Table 8- An example of temperature irrelevant data in Kermanshah station of the second cluster after screening the data

نام ایستگاه Station name	سال Year	ماه Month	روز Day	T0	T3	T6	T9	T12	T15	T18	T21	T00
کرمانشاه Kermanshah	1987	12	3	-7.6	-9.8	-4.6	2	5.4	8	1	-4.2	-5
کرمانشاه Kermanshah	1990	6	20	12	14.5	23	30	31.6	29	23	16	14.2
کرمانشاه Kermanshah	1994	9	5	12.6	12	18	21	25.8	27.2	24	19.4	16.4
کرمانشاه Kermanshah	2006	5	12	6.2	8	15.6	20.2	25.3	24	24	20	18
کرمانشاه Kermanshah	2011	7	4	16.8	17.4	19	20.4	22	19.6	17	15.4	14

– تحلیل الگوهای رگرسیونی دمای خوشه اول: الگوی رگرسیونی خطی چندگانه به روش گام به گام به منظور به‌دست آوردن رابطه رگرسیونی بین میانگین دمای روزانه (T_{avg}) با عنوان متغیر پاسخ و متغیرهای بیشینه و کمینه دما که به ترتیب با نماد T_{max} و T_{min} با عنوان متغیرهای پیشگو استفاده شد.

گام اول بررسی ارتباط بین متغیرهای پیشگو و پاسخ است. نمودار پراکنش ماتریسی، رفتار هریک از متغیرها را در مقابل دیگری نمایش می‌دهد. رسم این نمودار روشی هندسی-ریاضی است که با نمایش رفتار متغیرها در مقابل یکدیگر به اثبات رابطه بین آنها می‌پردازیم. مطابق نمودار ۱ رابطه خطی و مستقیم بین همه متغیرها ملاحظه می‌شود. همبستگی میان میانگین دمای روزانه (T_{avg}) و دماهای کمینه و بیشینه روزانه برای خوشه اول برقرار است. و مطابق ضرایب همبستگی محاسبه شده، رابطه تقریباً خطی و مستقیم برقرار است. برای الگوی پذیرفته شده مقدار ضریب تعیین ۰/۹۹۶ است که فقط ۰/۴ درصد تغییرات متغیر پاسخ توسط متغیرهای پیشگو بیان نمی‌شود. این مسئله توانایی مناسب الگو در برآورد میانگین دمای روزانه این اقلیم را نشان می‌دهد. مقدار کم خطای استاندارد برآورد الگوها، تأییدی بر این موضوع است.

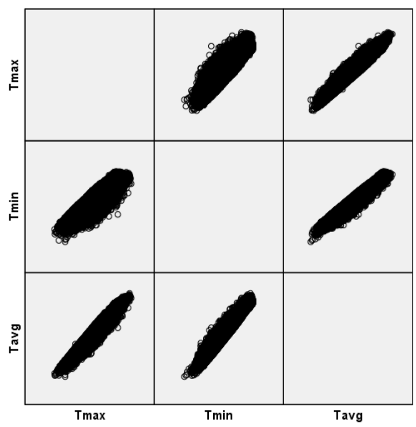
همچنین در تحلیل واریانس متغیر T_{max} با بیشترین همبستگی با متغیر پاسخ اولین ورودی به الگو است. آماره فیشر محاسباتی با مقدار این آماره از جدول مقایسه شد. مقدار F محاسبه شده از مقادیر F جدول بیشتر بوده است، بنابراین معنی‌داری الگوی رگرسیون مشخص می‌گردد. مقدار P-value در سطح خطای پنج درصد این نتیجه را تأیید می‌کند. مطابق ضرایب ارائه شده در جدول ضرایب الگوها (جدول ۹) الگوی میانگین دمای روزانه (رابطه ۲۱) و رابطه‌ی تحلیل حساسیت الگوی دوم دما برای خوشه ساحلی (رابطه ۲۲) به صورت زیر است:

$$Tavg = 0.047 + 0.489\ Tmax + 0.508\ Tmin \qquad (۲۱)$$

$$Tavg = 0.518\ Tmax + 0.482\ Tmin \qquad (۲۲)$$

ضریب استاندارد شده (Beta)، تحلیل حساسیت را انجام می‌دهد. در واقع میزان اهمیت هر یک از متغیرهای پیشگو در برآورد متغیر پاسخ را بیان می‌کند. ضریب متغیرهای دمای کمینه و بیشینه به ترتیب ۴۸/۲٪ و ۵۱/۸٪ است. می‌توان نتیجه گرفت دمای بیشینه نسبت به دمای کمینه حساس‌تر است. الگوهای رایج حساسیت این دو متغیر را یکسان فرض می‌کنند.

– بررسی برقراری فرض‌های زیربنایی الگوهای برآورد میانگین دمای روزانه خوشه اول: لازمه پذیرش نهایی الگوهای رگرسیونی میانگین دمای روزانه اقلیم ساحلی بررسی برقراری فرض‌های زیربنایی است. بنابراین برای بررسی برقراری فرض استقلال باقی‌مانده‌ها مقدار آماره دوربین-واتسون ۱/۹۰۱ نشان داده شده است. قرار داشتن مقدار این آماره در بازه ۱/۷۴ تا ۲/۳۶ فرض استقلال باقی‌مانده‌ها را تأیید می‌کند. جدول ۱۰ میانگین باقی‌مانده‌ها را صفر نشان می‌دهد. نمودار توزیع باقی‌مانده‌ها (نمودار ۲) با نمودار توزیع نرمال مقایسه شد و مشاهده می‌شود باقی‌مانده‌ها از توزیعی تقریباً نرمال پیروی می‌کنند. میانگین و انحراف معیار ارائه شده و نمودار احتمال باقی‌مانده‌ها (نمودار ۳) تأییدی بر نرمال بودن این نمودار است. نوار مستطیلی افقی حاصل از پراکندگی نقاط، مطابق نمودار ۴ ثابت بودن واریانس باقی‌مانده‌ها را تأیید می‌کند. برقراری فرض‌های زیربنایی پذیرش نهایی الگوی رگرسیونی برآورد میانگین دمای روزانه را برای اقلیم ساحلی (خوشه اول) به همراه داشت. الگوهای برآورد دمای روزانه برای ایستگاه‌های نمونه این اقلیم پس از آزمون‌های لازم در مورد رگرسیون، بررسی فرض‌های زیربنایی و پذیرش برقراری آن‌ها ارائه گردید. مقادیر بالای ضریب تعیین توان بالای الگوها در برآورد میانگین دمای مربوطه را نشان می‌دهند. نتایج نهایی الگوهای برآورد میانگین دمای روزانه برای اقلیم ساحلی و هر یک از ایستگاه‌های نمونه در جدول ۱۱ ارائه شده است.



نمودار ۱- پراکنش ماتریسی رفتار متغیرهای دمای ورودی الگوی خوشه اول در برابر یکدیگر

Chart 1- Matrix dispersion characteristics of the behavior of input variables in the first cluster pattern against each other

جدول ۹- ضرایب الگوهای دمای خوشه اول، آمارهٔ t و اندازهٔ احتمال

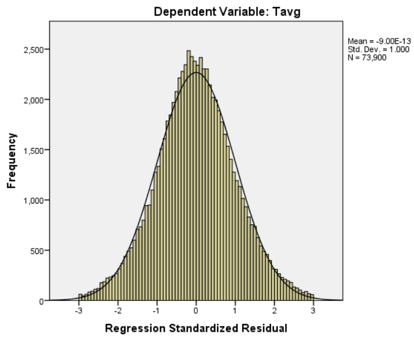
Table 9- The coefficients temperature patterns of the first cluster, t values and probability values

الگو Model	ضرایب استاندارد نشده Unstandardized coefficients		ضرایب استاندارد شده Standardized coefficient	t	p-value
	B	**Std.Error**	**Beta**		
1 (Constant)	-1.902	0.018		-106.706	.000
Tmax	0.900	0.001	0.976	1209.238	.000
2 (constant)	0.043	0.006		7.421	.000
Tmax	0.489	0.001	0.518	925.540	.000
Tmin	0.508	0.001	0.482	860.263	.000

جدول ۱۰- مشخصات باقی‌مانده‌های الگوی دومدمای خوشه اول

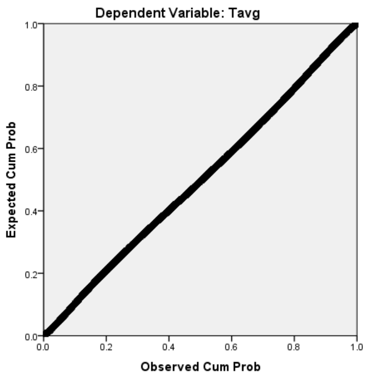
Table 10- The residual of the second temperature pattern in the first cluster

	مینیمم Minimum	ماکزیمم Maximum	میانگین Mean	انحراف معیار Std. Deviation
Residual	-1.645	1.646	.000	0.5485
Std. Residual	-2.999	3.000	.000	1.000



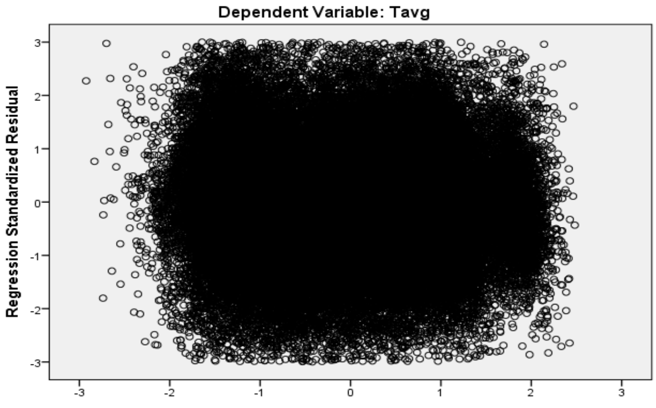
نمودار ۲- توزیع فراوانی باقی‌مانده‌های الگوی دوم دمای خوشه اول

Chart 2- Residual distribution of the second temperature pattern in the first cluster



نمودار ۳- احتمال باقی‌مانده‌های الگوی دوم دمای خوشه اول

Chart 3- Residual probability of the second temperature pattern in the first cluster



نمودار ٤- پراکنش باقی‌مانده‌های استاندارد شده الگوی دوم دمای خوشه اول

Chart 4- Standardized residuals distribution of the second temperature pattern in the first cluster

جدول ۱۱- الگوی نهایی برآورد میانگین دمای روزانه برای خوشه اول و هر یک از ایستگاه‌های نمونه

Table 11- Final estimating daily average of temperature patterns for the first cluster and each sample station

	الگوی نهایی میانگین دمای روزانه Final daily average of temperature pattern	R2	.Std Err	Durbin-Watson	F	P-valu
خوشه اول First cluster	$Tavg = 0.047 + 0.489T\max + 0.508T\min$	0.995	0.54	1.901	8423031.3	.000
آستارا Astara	$Tavg = 0.066 + 0.503T\max + 0.497T\min$	0.995	0.55	1.837	1063844.8	.000
بندرعباس Bandar abbas	$Tavg = -0.51 + 0.509T\max + 0.483T\min$	0.993	0.53	1.774	741027.6	.000
رامسر Ramsar	$Tavg = -1.71 + 0.540T\max + 0.456T\min$	0.995	0.50	1.742	1117695.3	.000
بندرانزلی Bandar Anzali	$Tavg = -0.178 + 0.546T\max + 0.456T\min$	0.997	0.41	1.817	1767475.3	.000
بابلسر Babolsar	$Tavg = -0.303 + 0.513T\max + 0.490T\min$	0.996	0.47	1.880	1288166.4	.000
گرگان Gorgan	$Tavg = 0.26 + 0.487T\max + 0.498T\min$	0.993	0.70	1.984	703866.2	.000
رشت Rasht	$Tavg = -0.11 + 0.483T\max + 0.511T\min$	0.995	0.56	1.971	961229.8	.000

– تحلیل الگوهای رگرسیونی دمای خوشه دوم و سوم: برآورد الگوهای رگرسیونی میانگین دمای روزانه خوشه‌های دوم و سوم نیز مانند خوشه اول می‌باشد، شرح کامل نحوه ارائه الگوها و نتایج در بخش تحلیل الگوهای رگرسیونی خوشه اول ارائه شده است. بنابراین از توضیحات مجدد در خصوص خوشه دوم و سوم خودداری شده است. نتایج در جداول ۱۲ و ۱۳ ارائه شده‌اند.

–صحت‌سنجی الگوها: دقت و توان بالای الگوهای میانگین دمای روزانه پیشنهادی برای سه اقلیم مورد نظر پس از مقایسه این الگوها با الگوهای مرسوم مطابق معیار میانگین مربعات خطاها (MSE) تأیید شد. داده‌های جداول ۱۴، ۱۵ و ۱۶ مقایسه‌ی عملی الگوهای ارائه شده برای خوشه‌ها و هر یک از شهرهای زیر مجموعه را با الگوی مرسوم نشان می‌دهند. میانگین مربع خطاها (MSE) معیار کاربردی بودن الگوها می‌باشد. MSE_1 و MSE_2 به ترتیب میانگین مربع خطا برای الگوی قدیمی رایج و الگوهای پیشنهادی پژوهش حاضر است. نتایج جداول حاکی از برتری الگوهای پیشنهادی دما و خطای کمتر آن‌ها نسبت به الگوی ۱ است. برای مثال مقدار میانگین مربعات خطا برای الگوی دمای پیشنهادی اقلیم کوهستانی و الگوی مرسوم به ترتیب ۰/۸۲ و ۱/۰۶ می‌باشد که کمترین خطا مربوط به الگوی دمای پیشنهادی برای این‌خوشه‌است.

جدول ۱۲- الگوی نهایی برآورد میانگین دمای روزانه برای خوشه دوم و هر یک از ایستگاه‌های نمونه

Table 12- Daily average of temperature patterns for the second cluster and each sample station

	الگوی نهایی میانگین دمای روزانه Final daily average of temperature pattern	R2	.Std Err	Durbin-Watson	F	P-valu
خوشه دوم Second cluster	$Tavg = -1.009 + 0.572T\max + 0.450T\min$	0.993	0.85	1.932	3596890.6	.000
کرمانشاه Kermanshah	$Tavg = -1.125 + 0.578T\max + 0.443T\min$	0.993	0.80	1.862	809487.2	.000
ارومیه Urmia	$Tavg = -0.644 + 0.539T\max + 0.480T\min$	0.994	0.77	1.786	833135.6	.000
سیرجان Sirjan	$Tavg = -0.613 + 0.549T\max + 0.498T\min$	0.990	0.92	1.860	554795.7	.000
شهرکرد Shahrekord	$Tavg = -1.735 + 0.624T\max + 0.403T\min$	0.992	0.79	1.980	662077.3	.000
زنجان Zanjan	$Tavg = -0.864 + 0.559T\max + 0.443T\min$	0.991	0.89	1.952	633049.3	.000

جدول ۱۳- الگوی نهایی برآورد میانگین دمای روزانه برای خوشه سوم و هر یک از ایستگاه‌های نمونه

Table 13- Daily average of temperature patterns for the third cluster and each sample station

	الگوی نهایی میانگین دمای روزانه Final daily average of temperature pattern	R^2	Std Err.	Durbin-Watson	F	P-valu
خوشه سوم Third cluster	$Tavg = -0.935 + 0.552T\max + 0.479T\min$	0.994	0.75	1.855	4471721.4	.000
فسا Fasa	$Tavg = -0.826 + 0.531T\max + 0.515T\min$	0.993	0.76	1.952	732273.2	.000
فرودگاه مهرآباد Mehrabad Ariport	$Tavg = -0.935 + 0.589T\max + 0.419T\min$	0.997	0.57	1.789	1664172.9	.000
قم Qom	$Tavg = -1.091 + 0.561T\max + 0.466T\min$	0.995	0.76	1.987	1019191.4	.000
یزد Yazd	$Tavg = -1.246 + 0.570T\max + 0.456T\min$	0.995	0.69	1.839	1124776.6	.000
زاهدان Zahedan	$Tavg = -1.427 + 0.582T\max + 0.472T\min$	0.990	0.87	2.213	534957.4	.000

جدول ۱٤- مقایسه میانگین دمای خوشه اول به روش معمول و روش پیشنهادی در این مقاله با محاسبه MSE

Table 14- Comparison of average temperature in the first cluster using the conventional method and the proposed method in this paper by calculating MSE

دما Temperature	خوشه اول First cluster	آستارا Astara	بندرعباس Bandar Abbas	رامسر Ramsar	بندر انزلی Bandar Anzali	بابلسر Babolsar	گرگان Gorgan	رشت Rasht
$MSE_۱$	0.52	0.38	0.29	0.39	0.20	0.35	1.1	0.92
$MSE_۲$	0.45	0.31	0.24	0.36	0.18	0.32	1.0	0.79

جدول ۱۵- مقایسه میانگین دمای خوشه دوم به روش معمول و روش پیشنهادی در این مقاله با محاسبه MSE

Table 15- Comparison of average temperature in the first cluster using the conventional method and the proposed method in this paper by calculating MSE

زنجان Zanjan	سیرجان Sirjan	شهرکرد Shahrekord	ارومیه Urmia	کرمانشاه Kermanshah	خوشه دوم Second cluster	دما Temperature
0.95	1.21	1.32	0.72	1.10	1.06	MSE_1
0.87	0.73	0.96	0.65	0.72	0.82	MSE_2

جدول ١٦- مقایسه میانگین دمای خوشه سوم به روش‌های معمول و روش پیشنهادی در این مقاله با محاسبه MSE

Table 16- Comparison of average temperature in the first cluster using the conventional method and the proposed method in this paper by calculating MSE

زاهدان Zahedan	یزد Yazd	قم Qom	مهرآباد Mehrabad	فسا Fasa	خوشه سوم Third cluster	دما Temperature
1.34	0.68	0.82	0.48	0.85	0.83	MSE_1
0.83	0.55	0.63	0.40	0.65	0.65	MSE_2

نتیجه‌گیری

رفتار تغییرات روزانه‌ی دما در یک روز عادی یک منحنی چوله به راست است. بنابراین استفاده از ضرایب مساوی برای برآورد میانگین دمای روزانه خطا دارد. همچنین مسئله تأثیر اقلیم بر الگوهای رفتاری تغییرات دما در روش‌های موجود مورد توجه قرار نگرفته است. لذا هدف این پژوهش ارائه الگوهایی جدید برای برآورد میانگین دمای روزانه در سه ناحیه اقلیمی ایران و ایستگاه‌های نمونه مربوطه است. مطابق دستاوردهای حاصل از منابع، جداول و نمودارها مشاهده می شود، در منابع مختلف وجود عرض از مبدأ در الگوهای رایج برآورد میانگین دمای روزانه را صفر و وزن متغیرهای پیشگو برابر فرض شده‌اند. درحالیکه نتایج ارائه شده در این پژوهش وجود عرض از مبدأ را در تمام الگوها تأیید می‌کند. ضرایب استاندارد شده (Beta) متغیرهای پیشگو بیانگر نابرابری وزن این متغیرها در تمامی الگوها است. ضرایب همبستگی در جداول خلاصه‌ی الگوها بیانگر رابطه خطی و مستقیم بین متغیرها است. همچنین ضرایب تعیین و خطای استاندارد برآورد الگوها در این جداول توان بالای الگو در برآورد میانگین‌های مربوطه را نشان می‌دهند. آماره فیشر محاسبه شده در تمامی جداول تحلیل واریانس از آماره فیشر جدول بیشتر بوده، پس معنی‌دار بودن الگوی رگرسیونی برای تمام معادلات مبین الگو مورد تأیید است.

دمای بیشینه نسبت به دمای کمینه در تمامی الگوهای ارائه شده تأثیر بیشتری دارد. این نتایج با الگوی رایج (رابطه ۱) مغایرت دارد. بنابراین استفاده از الگوهای اصلاح شده پیشنهادی این پژوهش متناسب با اقلیم و ایستگاه مربوطه موجب کاهش خطای برآورد میانگین دمای روزانه می‌گردد. واسنجی و مقایسه الگوهای دمای پیشنهادی برای این سه اقلیم با الگوهای دمای مرسوم توان بالای الگوهای پیشنهادی این مقاله را نشان می‌دهد.

الگوهای ارائه شده در برآورد میانگین دمای روزانه با رعایت اصول ریاضی حاکم بر رگرسیون به‌دست آمده‌اند، درحالیکه الگوهای مرسوم چنین اصولی را رعایت نکرده‌اند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که الگوهای پیشنهادی این تحقیق نسبت به آنها تواناتر هستند. لذا استفاده از الگوهای اصلاح شده در این پژوهش متناسب با اقلیم و ایستگاه مربوطه موجب کاهش خطای برآورد میانگین دمای روزانه می‌گردد. به منظور کاهش بیشتر خطا در برآورد میانگین دمای روزانه پیشنهاد می‌شود خوشه‌بندی اقلیمی در مقیاس استانی انجام شود و براساس داده‌های ایستگاه‌های نمونه هر استان الگوهای برآورد میانگین دما در مقیاس روزانه، ماهانه و سالانه ارائه شوند. همچنین روش پژوهش حاضر برای برآورد میانگین دما در مقیاس ماهانه و سالانه تکرار شود. این پژوهش ارائه راهکاری برای سایر ایستگاه‌ها است تا بتوان الگوی خاص هر ایستگاه را محاسبه و از آن استفاده کنند. چون هر ایستگاه رفتار دمایی خود را دارد که تحت تأثیر خرد اقلیم اطراف آن نیز می‌باشد.

منابع

1. Ball G., and Hall D. 1967. A clustering technique for summarizing multivariate data. Behavioral Science 12: 153–155.
2. Eccel E. 2012. Estimate air humidity from temperature and precipitation measures for modelling applications. Meteorological Applications 19: 118-128.
3. Ephrath J.E., Goudriaan J., and Marani A. 1996. Modelling diurnal patterns of air temperature, radiation, wind

speed & relative humidity by equations from daily charactristics. Agricultural Systems 377-393.
4. Farris J.S. 1969. On the cophenetic correlation coefficient. Systematic Zoology 18: 279–285.
5. Floyd R.B., and Braddock R.D. 1984. A simple method for fitting average diurnal temperature curves. Agriculture and Forest Meteorology 32: 107-119.
6. Farzandi M., Rezaee-Pazhand H., and Seyyed nejad Golkhatmi N. 2012. Patterns to estimate the average daily temperature in arid and semiarid regions of Iran, International desert Research Center, university of Tehran.
7. Kelley K., and Maxwell S.E. 2003. Sample size for multiple regression: Obtaining regression coefficients that are accurate, not simply significant. Psychological Methods 8(3): 305-321.
8. Kimball B.A., and Bellamy L.A. 1986. Generation of diurnal solar radiation, temperature and humidity patterns. Energy in Agricalture 5: 185-97.
9. Kimball J.S., Running S.W., and Nemani R. 1996. An improved method for estimating surface humidity from daily minimum temperature NTSG School of Forestry. University of Montana, Missoula MT 59812, USA.
10. Kristi A., Gebhart S.C., and William C.M. 2001. Diurnal & seasonal patterns in light scattering, extinction and relative humidity, Atmospheric Enviroment 35: 5177-5191.
11. Kukal M., and Irmak S. 2016. Long-term patterns of air temperatures, daily temperature range, precipitation, grass-reference evapotranspiration and aridity index in the USA great plain. Journal of Hydrology 542: 978-1001.
12. Mehdizadeh S., Behmanesh J., and Khalili K. 2016. Application of gene expression programming to predict daily dew point temperature. Applied Thermal Engineering 9383: 1-26.
13. Peter E.,Thornton H.H., and Michael A.W. 2000. Simultaneous estimation of daily solar radiation and humidityfrom observed temperature and precipitation: an application over complex terrain in Austria. School of Forestry, University of Montana, Missoula, MT 59812, USA.
14. Parton W.J., and Logan J.A. 1981. A model for diurnal variation in soil and air temperature. Journal of Agriculture Meteorology 23: 205-216.
15. Runing S.W., Nemani R.R., and Hunger Ford R.D. 1987. Extrapolation of Synoptic meteorological data in mountainous terrain and its use for simulating forest evapotranspiration and photosynthesis. 17: 472-483.
16. Rezaee-Pazhand H., Habibi M., and Farzandi M. 2008. Mean daily temperature for arid and semi-arid zones in Iran. Iran water Resources Research 4(1): 70-74. (In Persian with English abstract)

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 5, Nov.-Dec. 2020, p. 1141-1156

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۹، ص. ۱۱۵۶-۱۱۴۱

Regression Patterns of Diurnal Temperature in Different Climatic Regions of Iran

B. Mirkamandr[1]*- H. Sanaeinejad[2]- H. Rezaee-Pazhand[3] - M. Farzandi[4]
Received: 10-11-2018
Accepted: 14-09-2020

Introduction: The behavior of daily changes in temperature is not straightforward. We first drew the curve of this variable on a normal day. It can be seen that the distribution of this variable was not normal. The curve of this variable was a skewed curve to the right. Therefore, the equal coefficients could be used only as approximation for estimating daily average temperature. Climatic conditions of the meteorological stations were also another parameter to be considered. This research presents a new method for estimating daily average of temperature in three climatic regions of Iran. The patterns for the sample stations in each climatic region were presented separately.

Materials and Methods: E. Eccel (2012) developed algorithms to simulate the relative humidity of the minimum daily temperature in 23 weather stations in the ALP region of Italy. In this research, the base pattern was calibrated by temperature and precipitation measurement.

Ephrath, et al. (1996) developed a method for the calculation of diurnal patterns of air temperature, wind speed, global radiation and relative humidity from available daily data. During the day, air temperature was calculated by:

$$T_a = T_{\min} + (T_{\max} + T_{\min})S(t) \quad (1)$$

$$S(t) = \sin(\pi \frac{t - LSH + \frac{DL}{2}}{DL + 2P}) \quad (2)$$

where S (t): Dimensionless function of time, DL: Day Length h, LSH: the time of maximum solar high h, t_a: Current air Temperature, P: the delay in air T_{max} with respect to LSH h.

Farzandi, et al. (2012) presented more accurate patterns for estimating daily relative humidity from humidity of Iranian local standard hours and daily precipitation variables, the minimum, maximum and average daily temperature in coastal regions. The purpose was to present linear and nonlinear patterns of daily relative humidity separately for different months (12 patterns) and annually in coastal regions (the Caspian Sea, the Persian Gulf, and the Oman Sea). Rezaee-Pazhand, et al. (2008) introduced new patterns for estimating daily average temperature in arid and semiarid regions of Iran. Final pattern has interception and new coefficients for estimate daily average of temperature.

$$\bar{T} = -1.132 + 0.417T_{\min} + 0.591T_{\max} \quad (3)$$

Veleva, et al. (1996) showed that the atmospheric temperature-humidity complex (T-HC) of sites located in a tropical humid climate cannot be well characterized by annual average values. Better information is given by the systematic study of daily changes of temperature (T) and relative humidity (RH), which can be modeled with linear and parabolic functions. Farzandi et al. (2011) divided Iran into three climatic clusters used in the present work. First a classification which provides climatological clustering. This clustering was used the data of annual relative humidity, temperature, precipitation, altitude, range of temperature, evaporation and three indices of De

1- Ph.D. Student of Shahid Bahonar University of Kerman
(*- Corresponding Author Email: bahar.mirkamandari@gmail.com)
2 and 4- Associate Professor of Meteorology and Philosophy Doctor Agrometeorology, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
3- M.Sc. Hydrology Department of Civil Engineering, Azad University of Mashhad
DOI: 10.22067/jsw.v34i5.76165

Martonne, Ivanov and Thornthwaite. Iran was partitioned into three clusters i.e. coastal areas, mountainous range and arid and semi-arid zone. Several clustering methods were used and around method was found to be the best. Cophenetic correlation coefficient and Silhouette width were validation indices. Homogeneity and Heterogeneity tests for each cluster were done by L-moments. The "R", software packages were used for clustering and validation testes. Finally clustering map of Iran was prepared using "GIS". The data of 149 synoptic stations were used for this analysis. Systematic sampling was done to select sample stations. The linear regression model was fitted after screening and data preparation. A model was presented for estimating daily average of temperature in each climatic region and sampling stations in each cluster. The best models were presented by reviewing the required statistics and analyzing the residuals. The calibration and comparison of the presented patterns in this paper with commonly applied models were undertaken to calculate the mean squared error. "SPSS.22" software was used for analysis.

Results and Discussion: The coefficient of determination (R^2) and the Fisher statistics show that the patterns have a good ability to estimate the daily average of temperature. The daily average temperature pattern confirmed an interception in the equations. Standardized coefficients showed that predictor variables were not weighted in all of the patterns. The average values of the residuals in each pattern was zero. According to the graphs, stabilization of variance can be seen based on the residual on each pattern in each cluster. The mean squared error is a measure of the applicability of patterns. The accuracy of the estimating daily average temperature by the recommended models in three climates was confirmed by calculating the mean squared error. The proposed patterns of this study had less error than common patterns. Thus, the patterns have a good ability to estimate daily average temperature.

Conclusion: The maximum temperature in calculating daily average of temperature is more effective than the minimum temperature. The standardized coefficient (Beta) of the daily average temperature patterns in coastal cluster was 48.2% for the minimum temperature and 51.8% for the maximum temperature. The largest influence of the maximum temperature was 63.1% in mountainous cluster for estimating daily average temperature. Range of the interception in the equations was from -1.735 to 0.26. The independent assumption of the residual was confirmed with the acceptable value of Durbin-Watson statistics. The average of the residuals in each patterns was zero. According to the graphs stabilization of variance can be seen based on the residual on the each pattern in each cluster. The proposed patterns were calculated according to mathematical principles but the common patterns did not consider these mathematical principles. The mean squared error (MSE) of the proposed patterns are less than common patterns. Therefore, the patterns presented in this study are more powerful than common patterns. The largest difference between the proposed patterns and the common patterns for estimate the daily average of temperature was 24% in mountainous cluster. Climatic clustering was done for states. The monthly and annual average temperature can be reliably estimated by using the data of sample stations in each state. These findings can be used to estimate daily, monthly and annual average of relative humidity in three climates and sample stations. In addition, one can employ the method for estimating daily, monthly and annual average of relative humidity and temperature based on around climatological clustering of Iran and other stations. Annual relative humidity, temperature, precipitation, altitude, range of temperature, evaporation can also be applied to estimate daily, monthly and annual average of temperature and relative humidity more accurately.

Keywords: Daily average of temperature, Maximum temperature, Minimum temperature, Regression model, Systematic sampling